

## Dalla “scala” al “piano” Appunti per un’indagine interpretativa

Maddalena Mazzocut-Mis

### 1. La scala

L’ideale leibniziano, in base al quale il passaggio graduale e metamorfico di una forma in un’altra, da specie a specie, si sviluppa finalisticamente verso il meglio, informa e struttura alcuni dei modelli che orientano il pensiero morfologico della seconda metà del Settecento. Charles Bonnet – entusiasta dalla *Teodicea* di Leibniz, come si evince dalla sua *Contemplation de la Nature* (1764) e dalla settima parte della *Palingénésie philosophique* (1769) – elabora, in campo anatomico, l’idea secondo la quale le forme viventi si dispongono lungo una *catena*, idea d’altra parte mai disgiunta dal *principio di pienezza*. Da naturalista, Bonnet considera di fondamentale importanza la continuità: ogni frattura (classi, generi e specie) è del tutto artificiale e la *scala degli esseri*, la loro progressione graduale dal meno al più, è composta da tanti livelli quanti sono gli individui. Il continuo del tempo si collega con il continuo dello spazio e «l’infinito perfezionarsi degli esseri con la loro infinita molteplicità» (Foucault (1966) (Foucault [1980]: 169); cfr. Bonnet (1767) (Bonnet [1769]: 36-40)). Stando al *principio di pienezza*, unito a quello della *gradazione continua*, non si può mai parlare di *estinzione* delle specie (lo studio dei fossili richiedeva nuovi modelli), ma di *avanzamento* coordinato e armonico, caratterizzato da un passaggio in avanti a livello organizzativo delle specie stesse. I fossili non rappresentano il ritrovamento di forme organiche differenti da quelle attuali, ma sono intesi quali momenti transitori che precedono lo stadio di sviluppo raggiunto dagli organismi attualmente esistenti. L’*armonia prestabilita* garantisce il perenne equilibrio dei vari livelli di cui la scala si compone.

Bonnet tenta la conciliazione di finalismo e meccanicismo quando la visione finalistica della grande macchina del mondo si collega con il meccanicismo del suo funzionamento. Così il perfezionamento di un livello prevede e richiede il perfezionamento con-

temporaneo di tutti gli altri, perché le specie compiranno contemporaneamente e armonicamente un avanzamento qualitativo. Il passaggio graduale e metamorfico di una forma in un'altra è orientato verso il meglio. Ciascun organismo può mirare a occupare un gradino superiore della scala, realizzando in tal modo un perfezionamento organico, solo quando tale gradino sarà lasciato libero da un organismo che a sua volta ne ha occupato uno superiore. «Le Specie inferiori, come le Ostriche, i Polpi, ecc., saranno in rapporto diretto con le Specie più elevate di questa nuova Gerarchia come gli Uccelli e i Quadrupedi lo sono con l'uomo nella gerarchia attuale» (Bonnet (1769): I, 204). Questo tipo di cambiamento finalistico mantiene tuttavia «intatto il rapporto esistente tra le diverse specie» (Foucault (1966) (Foucault [1980]: 169)).

La stessa Progressione che scopriamo oggi tra i diversi Ordini di Esseri organizzati si osserverà indubbiamente nello Stato Futuro del nostro Globo: ma essa seguirà altre Proporzioni, che saranno determinate dal grado di Perfettibilità di ogni specie. L'Uomo, trasportato allora in un altro luogo più adatto all'eccellenza delle sue Facoltà, lascerà alla Scimmia o all'Elefante quel primo Posto che occupava tra gli Animali del nostro Pianeta. In questa universale Restaurazione degli Animali, si potranno dunque trovare dei Newton e dei Leibniz tra le scimmie e gli Elefanti; dei Perrault o dei Vauban tra i Castori. [...] Tutte le Parti dell'universo sono dunque contemporanee. La Volontà Efficiente ha realizzato con un solo atto tutto ciò che si poteva realizzare. Essa non crea più, ma conserva, e tale conservazione sarà, se si vuole, una Creazione continua (Bonnet (1769): I, 203 s., 246 s.).

«Questo "evoluzionismo" non è un modo di concepire l'apparizione degli esseri come succedenti gli uni dagli altri; è, in realtà, un modo di generalizzare il principio di continuità e la legge che vuole che gli esseri formino una superficie ininterrotta. [...] Non si tratta d'una gerarchizzazione progressiva, ma della spinta costante e globale d'una gerarchia pienamente instaurata» (Foucault (1966) (Foucault [1980]: 169 s.)). Bonnet è dunque costretto a ipotizzare che le metamorfosi e le forme mostruose, che si riscontrano in natura, facciano parte di un disegno precostituito. La vita, animata da una forza prorompente, è piena di esseri, che convivono in una meravigliosa armonia. La quantità, l'abbondanza, la varietà delle forme animali, l'infinita differenziazione degli esseri viventi rappresentano l'epifania della potenza divina, dove l'imperfezione fisica, cioè il male naturale, è giustificata. Da preformista, pensa le mostruosità come forme intermedie, preformate, che garantiscono il passaggio e la trasformazione di una specie in un'altra senza salti bruschi, ma attraverso metamorfosi graduali, visualizzabili grazie agli ibridi. Nessun essere vivente è, secondo Bonnet, un'entità isolata all'interno del grande orologio-macchina del mondo: ciascuna parte di tale ingranaggio si muove in una perfetta armonia e concorre a risultati comuni, per il conseguimento dei quali ogni elemento della macchina è preordinato. Tutto è bene per il tutto.

## 2. Il prototipo

Il prototipo è un modello che rappresenta l'essere ridotto ai minimi termini: è un fondamento inesauribile di variazioni. La realizzazione di ogni variazione dà un essere e può essere chiamata una metamorfosi del prototipo, o piuttosto di quel primo involucro che ne è stato la prima realizzazione. Il prototipo è un principio intellettuale che si attua solo realizzandosi nella materia (Robinet (1768): 6).

Secondo Jean-Baptiste-René Robinet, il principio morfologico della serie continua degli esseri, per il quale tutte le forme viventi possono essere paragonate le une alle altre in base a rapporti di analogia e omologia, genera l'ipotesi che in natura esista un *prototipo*, un *modello*, un *piano* comune a tutti gli organismi. Il *piano fondamentale* o *prototipo* è l'esemplare a cui deve essere riferito il concreto generarsi di qualsiasi forma. Seguendo la serie di stadi successivi, che vanno dagli animali inferiori a quelli superiori, la natura muove faticosamente e finalisticamente verso il più perfetto e organizzativamente più completo: l'uomo. Prima di giungere al perfezionamento della sua opera, cioè prima di concludere il suo sviluppo nell'uomo, la natura deve compiere una sorta di apprendistato, mediante un percorso che attraversa gli stadi occupati dalle forme meno evolute. L'uomo diventa il criterio di comparazione e comprensione di tutte le forme inferiori.

Robinet, confermando il suo credo nel preformismo creazionista, sembra propendere per una sorta di concezione dinamico-vitalistica della natura, in base alla quale il mondo delle forme si sviluppa per mezzo di una gradazione di forze. L'universo è provvisto della capacità di autodifferenziarsi e di procedere verso un progresso senza fine. I germi, che sono stati creati tutti nello stesso momento anche se gli organismi hanno fatto la loro apparizione solo in tappe successive, non sono discesi l'uno dall'altro. Dio ha programmato e organizzato tale successione e ogni singolo germe si è dischiuso nei tempi prestabiliti in modo tale che il tutto fosse finalizzato alla comparsa di forme vegetali e animali sempre più complesse. Gli organismi non hanno lontani progenitori comuni, non si sono evoluti a partire da alcune specie originarie; si tratta unicamente di una metamorfosi del prototipo, di quel *principio intellettuale*, di quella idea originaria che di fatto si rintraccia in tutti gli esseri viventi e che dopo vari passaggi si è materializzata proprio nell'uomo. Così anche gli esseri anomali devono ricevere una legalizzazione all'interno del *prototipo* o *principio intellettuale*. I devianti, essendo forme metamorfosate di un medesimo *modello* universale, forniscono la garanzia della variabilità della natura. Le modificazioni e le anomalie non sono altro che scansioni necessarie al fine di poter sovrapporre il quadro tassonomico al continuo della natura. Il fossile e il mostro fanno emergere la possibilità della "varietà nell'unità". «Sullo sfondo del continuo il mostro

racconta, quasi caricaturalmente, la genesi delle differenze, e il fossile rievoca, nell'incertezza delle sue somiglianze, le prime ostinazioni dell'identità» (Foucault (1966) (Foucault [1980]: 175)).

Bonnet e Robinet sviluppano l'idea che le forme viventi si dispongono su una linea retta e che si può passare dalla creatura più perfetta all'essere informe attraverso gradi discendenti quasi impercettibili. Il mondo vivente è soggetto a una complessiva e costante modificazione e nessuna delle forme esistenti attuali risulta definitivamente acquisita.

### 3. *Dal più al meno*

Se la scala e il prototipo di Bonnet e Robinet si accostano alla concezione cristiana, reinterpretando la progressione gerarchica, che va dal meno al più – al punto che l'uomo potrebbe via via avvicinarsi alle creature angeliche –, Georges Louis Leclerc de Buffon recupera l'idea cristiana della caduta degenerativa da un modello originario di perfezione. La degenerazione non si effettua a partire da un solo modello ma avviene all'interno di ciascuna specie ed è il preludio del più ampio dibattito sul trasformismo, che esploderà con il pensiero di Jean-Baptiste Lamarck e con il *geoffroyismo* (come viene chiamato il tipo di "evoluzionismo" di Étienne Geoffroy Saint-Hilaire), che ammette la modificazione dei caratteri ereditari attraverso la diretta influenza ambientale.

Il diffondersi di tematiche legate al materialismo, la critica al finalismo, l'idea della natura come continua metamorfosi, come perenne flusso creativo, contrapposta alla concezione della natura statica fissista discontinuista e gerarchica, la difesa di una concezione provvidenzialistica e, dall'altra parte, la messa in evidenza del ruolo del caso, sono i temi principali entro i quali si articola la soluzione al problema suscitato dall'indagine sul mondo della vita e delle sue forme. Da Bonnet a Robinet, da Pierre-Louis Moreau de Maupertuis a Denis Diderot, fino a Buffon, il tema della forma è intimamente legato alla comprensione dei processi fondamentali della vita: la nascita, la riproduzione, la morte. Non sarà così per Étienne Geoffroy: le metafore morfologiche subiranno una profonda modificazione.

Contrariamente a quanto proposto da Bonnet e Robinet, la forma mostruosa (devianze anomale e fossili) può essere la prova della mancanza di ogni finalismo. È questa la posizione di Maupertuis e di Diderot, per i quali la contingenza morfologica delle specie riceve una legalizzazione all'interno di un complesso giustificativo, nel quale hanno un ruolo fondamentale il *caso* e l'*arte* della natura.

Maupertuis (il cui pensiero risente dell'influenza di una doppia componente leibni-

ziana e newtoniana) sostituisce a una concezione meccanico-creazionista cartesiana della natura un’immagine dinamico-naturalistica del mondo e della scienza. La nuova prospettiva emerge attraverso una mediazione tra l’organicismo del pensiero leibniziano – di cui Maupertuis rifiuta però la visione “ottimistica” – e l’idea di una materia vivente tutt’altro che inerte, nella quale agiscono le stesse forze attrattive e repulsive, che si trovano all’interno dell’universo newtoniano.

Non al bianco e al nero si riducono le varietà del genere umano; se ne trovano mille altre: quelle che maggiormente colpiscono la nostra vista [...] [e] quelle che notiamo appena. [...] La natura contiene le basi di tutte queste varietà, ma sono il caso e l’arte che le mettono in azione (Maupertuis (1768): II, 111).

La proposta di Maupertuis di chiamare in causa il reciproco combinarsi del caso con l’arte della natura, deve fare i conti, in questa originale interpretazione, con la rivalutazione del ruolo della *generazione spontanea*, vista come spinta autonoma della natura alla autorigenerazione, con il ricorso alle specie mutanti per spiegare l’origine di nuove forme e con l’intervento del *tempo*, quale fattore direzionato, segnato da punti di non ritorno. Sebbene lo sviluppo della natura sia “cieco” esso ha un senso: quello della “storia” della natura.

In egual misura, ma in modo meno sistematico, nella trattazione diderotiana, l’ipotesi della generazione spontanea – mentre contribuisce a sconfiggere l’idea di un intervento creativo divino volto a spiegare la generazione e la mutazione delle specie – avvalorava il presupposto che la materia sia in grado di produrre autonomamente ordine e disordine, vita e morte.

La visione metamorfica della natura, che armonizza, nell’unità organica, materia, vita e coscienza, soppianta, nel pensiero di Diderot, la visione statica, secondo la quale il corpo è di per sé senza azione e senza forza (cfr. Diderot (1754) (Diderot [1995]: 100)). Non solo: se nei *Pensées sur l’interprétation de la nature* Diderot sostiene che gli esseri si metamorfosano gli uni negli altri a partire da un unico *prototipo*, più tardi, nel *Rêve de D’Alembert*, «si mostra partigiano fedele del modello classico, epicureo, di cosmogonia, sostenendo l’ipotesi delle generazioni spontanee, reinterpretate come specie di “metamorfosi” delle nature organiche» (Quintili (2004): 72). L’ipotesi della sensibilità della materia, sostenuta dall’ipotesi epigenetica e da quella della generazione spontanea, ha come scopo, superando la discontinuità tra materia vivente e materia inerte, la salvaguardia dell’unità fisica del *Tutto*.

Nella goccia d’acqua di Needham tutto si compie e finisce in un batter d’occhio. Nel mondo lo stesso fenomeno dura un po’ di più; ma che cos’è la nostra durata in confronto all’eternità dei tempi? Meno della goccia che ho preso con la punta di un ago, in confronto allo spazio il-

limitato che mi circonda. Un susseguirsi indefinito di animuncoli nell'atomo che fermenta, lo stesso susseguirsi infinito di animuncoli nell'altro atomo che chiamiamo la Terra. Chi può conoscere le specie di animali che ci hanno preceduto? Chi può conoscere le specie di animali che succederanno alle nostre? *Tutto cambia, tutto passa, soltanto il tutto resta*. Il mondo inizia e finisce senza tregua; in ogni istante è al suo inizio e alla sua fine; non ne ha mai avuto altro; e non ne avrà mai altra. In questo immenso oceano di materia, non una molecola che rassomigli a un'altra molecola, non una molecola che si rassomigli per un istante: *Rerum novus nascitur ordo*, ecco la sua iscrizione per l'eternità (Diderot (1769) (Diderot [1984]: 141)<sup>1</sup>.

Maupertuis, fonte diderotiana, aveva fatto rinascere, sotto nuova veste, la teoria epigenetica, sviluppandola in un contesto di meccanicismo coadiuvato dalla fisica newtoniana, dove gioca un ruolo fondamentale l'attrazione o la repulsione tra le molecole organiche (passaggio da una concezione meccanico-creazionista a un'immagine dinamico-naturalista del mondo).

Un'idea dinamica della natura insieme alla teoria delle molecole organiche, eterne, immutabili, sempre viventi trova coerente sviluppo in Buffon<sup>2</sup>, che elabora un pensiero fortemente improntato al modello esplicativo fisico-meccanico, rivisto e completato dall'assunzione del modello attrazionistico. Egli contrappone all'evidenza della meccanica razionale, resa dogmatica dai cartesiani, la necessità di una conoscenza fisica della natura, che sia capace di generalizzazioni filosofiche, qualora riesca a ricondurre i dati empirici o sperimentalmente ricavati ai principi generali, alle leggi universali.

#### 4. Trasformazioni

I filosofi della natura rimangono, per tutto il Settecento, divisi nella scelta tra una prospettiva meccanicistica, che garantisce la comprensione di alcuni fenomeni ma nega l'originalità della vita, e una prospettiva semi-vitalistica che, pur aumentando il significato autonomo delle "scienze della vita", rischia di far cadere la ricerca nell'occultismo. Sono il pensiero di Leibniz, per un verso, e quello newtoniano, per un altro, a dare nuova vitalità alle scienze della natura, richiamando l'attenzione non solo sullo scarto tra la materia vivente e quella inerte, ma anche sull'esistenza di forze attrattive e repulsive, agenti all'interno dell'universo. Il leibnizianesimo offre, d'altronde, una visione dinamica della natura e il concetto di monade, trasferito nella tradizione atomistica, trasforma dalla radice l'impianto teorico del meccanicismo.

Mentre il meccanicismo istituisce una netta separazione tra organico e inorganico, lasciando alla preesistenza dei germi la soluzione del "problema della vita", le prospettive

<sup>1</sup> Corsivo mio.

<sup>2</sup> Si vedano, in particolare, Buffon (1765) e Buffon (1766).

ilozoiste, che caratterizzano il materialismo del Settecento, integrano organico e inorganico. Tutto è vivente, i salti qualitativi nella scala degli esseri sono eliminati, la vita è una realtà irriducibile, che non sembra più richiedere l'intervento diretto di Dio.

Maupertuis e Diderot hanno in comune con Buffon l'idea che la natura si trasformi e si metamorfozi, che essa si trovi in equilibrio non statico ma dinamico, in un continuo fluire nella successione indefinita del tempo. Tuttavia, anche l'atteggiamento di Buffon, per quanto innovatore possa sembrare, è ben lontano dall'offrire giustificazione a una vera e propria teoria trasformistica; viceversa si ritrova nel suo pensiero un diverso modo di intendere l'*unità nella varietà*. Manca, nel pensiero di Buffon, l'idea del passaggio dal semplice al complesso e l'idea di progresso delle forme nel tempo. Piuttosto, il concetto di variazione corrisponde a quello di degenerazione morfologico-estetica, che presuppone non solo «una plasticità inerente alla specie» ma anche la possibilità che «i caratteri, resi variabili dalla Natura, siano sottomessi fisicamente alla *"teinture du ciel"* e alle *"qualità della terra"*, i cui effetti sono accumulati dal tempo e in seguito interiorizzati e perpetuati dalla generazione» (Balan (1979): 119). Attraverso l'influsso combinato sulla morfologia *"ereditaria"* dei fattori climatici, dei cambiamenti di latitudine, dell'effetto della nutrizione, si determina l'insieme della varietà delle forme. La variabilità morfologica è una degenerazione rispetto alle forme primitive fissate e volute da Dio. Si tratta di una *"variabilità ristretta"*, che consente di spiegare i fenomeni di adattamento in base alla flessibilità morfologica dei corpi viventi. «Con Buffon, Maupertuis e Diderot si tratterà di rendere conto dei limiti di definizione d'una nuova idea di *"natura"* in quanto *oggetto*, mutevole e polimorfo, d'esperienza. Un oggetto di teorie, di concettualizzazioni, di operazioni sia mentali sia materiali (l'esperimento nel gabinetto di storia naturale) che lo modificano, lo trasformano e finalmente lo conoscono, alla fine di un processo teorico-tecnico-pratico riproducibile e controllabile. Queste operazioni permettono di conoscere proprio *la natura*, definendone le leggi della sua trasmutabilità» (Quintili (2004): 61 s.).

Negli *Éléments de Physiologie* si legge: «l'influenza dei bisogni sull'organizzazione può spingersi fino a produrre degli organi, o almeno fino a trasformarli» (Diderot (1774-80): 138). È questa una celebre formula di Diderot, scritta sotto l'influsso della scuola di Montpellier che Lamarck riprende, facendone il centro della sua filosofia naturale. Lamarck, che non rifiuta la *scala naturae* – sebbene suddivisa in tre serie distinte e concepita come ramificata ad albero –, afferma che è necessario rinunciare a una tassonomia del vivente senza tuttavia rinunciare alla sistematica, perché i viventi possono essere classificati in modo non arbitrario a partire dall'organismo più semplice al quale andrà

affiancato quello più complesso e così via. Vanno eliminate quelle classificazioni che non consentono una chiave di lettura, fosse anche di tipo storicistico (sebbene non sia possibile determinare che l'organismo più semplice sia il più antico).

Un antimeccanicismo, quello di Lamarck, per cui la funzione è al primo posto rispetto all'organo. Se in una prospettiva meramente meccanicistica è difficilmente pensabile che le funzioni, i bisogni e i comportamenti possano modificarsi, perché di fatto dipendono dagli organi (non a caso tale teoria è spesso legata al preformismo e all'"incapsulamento" dei germi), per Lamarck le funzioni, i bisogni, i comportamenti producono (e modificano) gli organi. Svincolate le funzioni dagli organi è consentito un allontanamento dal meccanicismo senza ricadere nel vitalismo animistico. L'organismo lamarckiano, in sostanza, impara dall'esperienza.

##### 5. *Il piano unico*

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, collega di Lamarck al *Muséum national d'histoire* dove insegna, insieme a lui, Zoologia (primo insegnamento in Francia), ne ammira e studia le teorie e nutre interessi comuni<sup>3</sup>. Tuttavia Geoffroy non nasconde motivi di riserva nei confronti dell'ipotesi lamarckiana:

Il nostro profondo fisiologo Lamarck ha presentato nella sua *Philosophie zoologique* (Lamarck (1809)), delle considerazioni sulle cause fisiche della vita e sulle condizioni che essa esige per manifestarsi. Abile nel formulare dei principi che aveva ricavato da alcuni concetti ritenuti di causalità, egli lo fu meno nella scelta delle sue prove particolari, quando addusse un gran numero di fatti che gli sembravano stabilire che le azioni e le abitudini degli animali causavano a lungo andare delle modificazioni nella loro organizzazione (Geoffroy Saint-Hilaire (1831): 81).

Secondo Lamarck, la causa principale della trasformazione delle specie è l'incidenza dell'abitudine, cioè la ripetizione ininterrotta di un'attività che modifica l'organo attraverso il movimento del fluido nervoso. Il processo fisiologico delle trasformazioni non avviene per azione diretta dei cambiamenti ambientali, ma solo indirettamente a causa del mutare del comportamento abituale dell'animale che conduce a intensificare o a ridurre l'uso di un determinato organo.

Al contrario, per Geoffroy, tutte le trasformazioni si producono non a livello extrauterino, ma nell'embrione, in quanto la sua struttura è più malleabile in confronto a quella dell'adulto. È con l'occhio dell'anatomista e poi del teratologo, dello studioso delle ano-

<sup>3</sup> Nel 1796 entrambi scrivono a un collaboratore di Filadelfia per richiedere dei campioni di alcune specie animali americane e analizzare in tal modo l'influenza del fattore ambientale.



malie e delle mostruosità, che Geoffroy esamina il contesto del rapporto embrione-ambiente.

Non è solo l’occhio del teratologo: è anche quello del mineralogista. Secondo Félix Vicq d’Azyr (fondatore dell’anatomia comparata e ispiratore dei primi sviluppi dell’indagine di Geoffroy) la forma organica deve essere studiata attraverso una metodologia specifica che è necessario formalizzare nel modo più sistematico. Se i naturalisti si soffermavano sulle forme esterne degli animali, osservando quei caratteri che suscitavano maggiore curiosità o meraviglia, ora è necessario abbandonare l’aspetto esteriore, ridurlo, per così dire, a epifenomeno per analizzare la struttura anatomica dell’animale. Suggerito dalle tesi di René Just Haüy, che aveva fondato la cristallografia come scienza descrittiva e predittiva che emarginava qualsiasi elemento ipotetico o vago, il suo metodo si fonda su una felice riunione di calcolo e di osservazione. D’altra parte l’impianto strettamente morfologico-geometrico di Haüy era in parte vicino alle indagini compiute da Daubenton che, oltre ad aver svolto il lavoro anatomico per i voll. III-XV della *Histoire Naturelle* di Buffon, era stato maestro e mentore di Étienne Geoffroy<sup>4</sup>.

Da tali premesse, e attraverso un lungo tirocinio che va dall’osservazione sul luogo di diverse specie viventi ad approfonditi studi di anatomia e poi di teratologia, Geoffroy giunge alla conclusione che la visibilità materiale del vivente, a partire dall’analisi delle sue strutture, è certamente prioritaria rispetto alla fisiologia che viene soltanto inferita. Osservando le strutture costanti degli esseri viventi e basandosi sull’analogia, individua un *piano unico di organizzazione*, cioè un piano ideale, un’astrazione che fornisce lo schema di tutte le possibili trasformazioni di tutti gli esseri viventi. Esso è alla base del razionalismo morfologico strutturale, espresso dall’*anatomia trascendente*.

Il metodo consiste nel derivare le forme viventi le une dalle altre, in virtù di considerazioni topologiche e sulla base di un prototipo comune. «È ciò che nel XVIII secolo si chiamava la congettura delle “metamorfosi”, esposta in modo speculativo da Maupertuis e sviluppata su un terreno empirico dai naturalisti tedeschi della scuola di Gottinga (Blumenbach, Humboldt, Treviranus), dalla *Naturphilosophie* di ispirazione goethiana» (Gayon (1992): 55)<sup>5</sup>. Ma quante e quanto profonde differenze dividono un autore dall’altro!

La plasticità delle forme, ricondotta a un unico piano di formazione, consente a Geof-

<sup>4</sup> Si ricordi che Geoffroy frequentò al *Collège de Navarre* i corsi di Haüy e che sviluppò interessi verso la mineralogia frequentando anche i corsi di Daubenton al *Collège de France*.

<sup>5</sup> Cfr. anche Cunningham, Jardine (1990), in particolare il saggio *Transcendental Anatomy* di Ph.F. Rehbock.

froy di fornire una spiegazione in termini meccanicistici e non finalistici. Il *piano unico di organizzazione*, il *tipo unico*, in base al quale tutti gli esseri – vertebrati e perfino invertebrati – sono formati, è la condizione ma anche il limite entro il quale tutte le possibili variazioni trovano la loro ragione più profonda.

Perché quindi non vedere un’analogia tra il *tipo unico* di Étienne Geoffroy e la forma primitiva dei cristalli? D’altra parte, sono proprio i “fenomeni” della vita e della morte e il loro *perché* a essere accantonati da Geoffroy. Haüy, osservando la proprietà di un minerale di suddividersi in parti più piccole e simili, ipotizzava che ogni cristallo dovesse essere costituito da poliedri elementari indivisibili, detti molecole integranti, che conservavano la composizione chimica e il grado di simmetria del cristallo di partenza. Ogni struttura cristallina era costituita da regolare giustapposizione di un gran numero di molecole integranti disposte come i mattoni di un muro – si possono ottenere forme cristalline diverse, caratterizzate dal medesimo grado di simmetria, partendo dalla stessa molecola integrante. La struttura di tale molecola era infine sottoposta ad «analisi geometrica» (Balan (1979): 175). È proprio l’attenzione sulla struttura geometrica del vivente che consente a Geoffroy – a partire dai suoi studi di cristallografia – di riprendere tutti i temi e i problemi di fine Settecento in una chiave profondamente diversa.

Non è un caso quindi che Étienne Geoffroy, nella sua prima lezione di anatomia (cfr. Geoffroy Saint-Hilaire (1847): 43), allontanandosi da qualunque forma di finalismo, scarti esplicitamente la *scala degli esseri* di Bonnet che egli ritiene del tutto inammissibile in base alla stessa evidenza empirica. A partire dall’*anatomia trascendente* e dal *tipo unico*, l’uomo non può essere considerato come termine di paragone e incarnazione della massima perfezione, alla quale tendono gli esseri organizzati: dal punto di vista anatomico, l’uomo ha lo stesso valore di qualsiasi altra specie animale e nessuna di queste può essere proposta come tipo primitivo, come la parte non può servire da modello per il tutto. Una prova in più, quest’ultima, per dimostrare che, sebbene anche Étienne Geoffroy riprenda l’idea della *varietà nell’unità* (Geoffroy Saint-Hilaire (1822): *Discours préliminaire*, XXXIV; il *piano unico di composizione organica* ne è un esempio), egli la spoglia assolutamente da qualsiasi legame metafisico-finalistico. In natura appare evidente solo una costanza *geometrica o posizionale*, che consente al filosofo della natura di ricondurre la varietà delle forme animali al proprio giudizio. Quello individuato da Étienne Geoffroy Saint-Hilaire è un sistema costante di rapporti anatomici.

Nelle sue indagini, utilizza i principi di una metodologia che volutamente chiama “nuova” e che consta di quattro momenti fondamentali: quello degli *analoghi*, delle *connessioni*, del *bilanciamento degli organi* e dell’*attrazione di “soi pour soi”*. La chiave di

volta del metodo di indagine è l'analogia. Il “metodo delle differenze” è il punto di partenza, ma non quello di approdo, della ricerca che deve procedere sino alla scoperta delle leggi generali dell'organizzazione. Basandosi sulla sola osservazione, si rimane legati a un tipo di investigazione puramente sensoriale e inefficace. Perché l'osservazione diventi rigorosa, occorre un metodo d'indagine capace di evidenziare le analogie profonde tra i fenomeni osservati. Il *principio degli analoghi* deve tenere presente unicamente la posizione relativa e la dipendenza reciproca degli organi: in una parola, la *connessione* degli organi tra loro. Il principio delle *connessioni* trae fondamento dall'idea che sono analoghe quelle parti organiche le cui relazioni anatomiche presentano similitudini a livello strutturale. Il principio del *bilanciamento degli organi* rende conto dei cambiamenti di volume quando le parti vicine si atrofizzano o si ipertrofizzano e stabilisce che un organo normale o patologico non raggiunga mai una grandezza straordinaria senza che un altro organo, all'interno dello stesso sistema di relazioni, subisca una diminuzione di volume proporzionale all'accrescimento dell'altro. Il *principio delle affinità elettive* o *legge di attrazione di “soi pour soi”* mette in evidenza la forza attrattiva e repulsiva della materia: il simile attrae il simile.

Per quanto riguarda la trasformazione delle specie all'interno dei limiti del *piano unico*, il *geoffroyismo*, come si è detto, ricorre all'analogia tra i processi embriogenetici e zoologici, utilizzando le recenti scoperte in ambito teratologico<sup>6</sup>. Se l'embrione si trasforma nel corso della gestazione, ripercorrendo le tappe successive della scala zoologica (con un recupero in questo senso della scala naturale), analogamente la natura può aver utilizzato gli stessi meccanismi per diversificare le specie. La *teoria del parallelismo*, tra gli stadi embrionali successivi e la serie zoologica, permette di giustificare empiricamente l'ipotesi di una trasformazione della specie, attraverso un processo di mutazione embrionale causato da un fattore estrinseco e accidentale, come sempre accidentale ed estrinseca è la causa della mostruosità (un trauma che produce nell'embrione un *arresto di sviluppo*).

<sup>6</sup> «Ho cercato e credo di essere riuscito a dimostrare che l'insieme delle nostre conoscenze sulle anomalie – o per usare fin d'ora il nome che gli do in quest'opera, la “teratologia” – non può più essere considerata come una sezione dell'anatomia patologica; che non si potrebbe neppure vedere in essa un semplice ramo né della fisiologia né dell'anatomia filosofica né dell'embriogenesi né della zoologia; che essa ha con tutte queste scienze dei rapporti più o meno intimi, senza poter essere confusa con nessuna di esse; che costituisce, di conseguenza, una branca particolare, una “scienza” distinta, nel senso speciale che è stato dato a questo termine». Così si esprime Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, figlio di Étienne, e continuatore della sua opera (Geoffroy Saint-Hilaire (1832-37): I, X).

Il rapporto genealogico di parentela delle specie organiche, che emerge dagli studi teratologici ed embriologici, è intimamente legato all'ipotesi dell'*unità di composizione organica*. Considerando gli esseri viventi come forgiati su un unico modello, vario nelle sue parti accessorie, si può concludere che le forme diverse, che si evidenziano all'interno del piano stesso, possono derivare per via di generazione le une dalle altre. Tuttavia il passaggio da una specie all'altra non si verifica attraverso insensibili e graduali trasformazioni, ma solo grazie a veri e propri *salti* di organizzazione (la teoria di un “tutto pieno” è definitivamente abbandonata). Le modificazioni che il feto stesso subisce nel corso del suo sviluppo non sono affatto di ordine quantitativo, ma mettono in evidenza profonde e repentine discontinuità qualitative. Il trasformismo di Geoffroy deve dunque rendere conto non solo della trasformazione delle specie, visualizzabile nello sviluppo dell'embrione, ma soprattutto del cambiamento qualitativo da una specie all'altra, senza perdere mai di vista quello che è l'assunto fondamentale dell'*anatomia transcendente*, cioè il *piano unico di composizione organica*.

Grazie alla *teoria dell'arresto di formazione e di sviluppo*, Étienne Geoffroy fornisce una prova empirica non solo della diretta influenza dell'ambiente sull'embrione ma anche dell'effettiva esistenza di profonde modificazioni nell'anatomia di un embrione in sviluppo. Parallelamente a quanto si verifica a livello embrionale, lo sviluppo che ha portato le specie ancestrali a evolversi in quelle attuali è stato causato da una modificazione ambientale. La soluzione prospettata da Geoffroy prevede l'intervento di *cambiamenti atmosferici e termici* che influiscono direttamente sull'embrione degli animali (cfr. Geoffroy Saint-Hilaire (1831): 76-82). Se da una parte il *nisus formativus*<sup>7</sup> agisce facendo in modo che l'embrione riproduca un animale in tutto simile al genitore, dall'altra una serie di mutamenti ambientali può ostacolare lo sviluppo regolare dell'embrione, producendo delle deformazioni nel feto e concorrendo a generare un “nuovo” individuo mostruoso, più adatto, però, alle mutate condizioni. La verifica sperimentale dell'esistenza di cambiamenti di organizzazione profondi e repentini soprattutto nell'ambito delle mostruosità fornisce la possibilità di superare l'obiezione più significativa riguardante la trasformazione delle specie all'interno di un piano unico di organizzazione: l'obiezione cioè che tra i fossili e gli animali attualmente viventi mancano i necessari anelli di continuità. È

<sup>7</sup> Termine usato dal naturalista tedesco Johann Friedrich Blumenbach. Egli sosteneva che la formazione epigenetica dell'embrione fosse dovuta unicamente a una *tendenza formativa* coadiuvata da altre forze vitali. È da notare come per Étienne Geoffroy il *nisus formativus* assolve un'esigenza empirico-descrittiva: indica semplicemente una forza il cui effetto è possibile conoscere sul piano sperimentale senza tuttavia poterne individuare la causa.

possibile, al contrario, supporre una parentela prendendo in considerazione l'ipotesi che un mutamento della composizione minerale e gassosa dell'atmosfera terrestre nel corso delle ere geologiche abbia provocato radicali mutazioni della funzione respiratoria degli organismi viventi, causando, per il *principio del bilanciamento degli organi*, un profondo cambiamento in tutta l'organizzazione dell'animale, al punto da legittimare la formazione di un mostro, in sostanza il primo soggetto di una specie nuova. Étienne Geoffroy si convince della validità di tale ipotesi, esaminando i fossili dei dintorni di Caen e di Honfleur. Egli sostiene che tali resti, ai quali dà il nome di Teleosauro e di Steneosauro, potrebbero essere gli antenati degli attuali cocodrilli, che risulterebbero in tal modo essere delle deviazioni mostruose nei confronti delle specie preistoriche. Per estensione, anche la razza umana attuale non sarebbe altro che una modificazione mostruosa rispetto ai suoi antenati.

Étienne Geoffroy evidenzia, quale fattore fondamentale che provoca e giustifica la formazione di una specie nuova insieme a quello ambientale, la *ripercussione bilanciata* che la trasformazione di un organo provoca sugli altri. Sarebbe dunque sufficiente una causa *ab extra*, un cambiamento ambientale, anche se talora di proporzioni modeste, per preconstituire a livello embrionale le condizioni per la formazione del mostro.

La saltazione, termine che Lewontin e Levins utilizzano in riferimento alla teoria trasformistica di Geoffroy, può dunque trovare una solida base sperimentale nella teratologia, che è in grado di offrire un campionario considerevole di trasformazioni anche se non può, da sola, giustificare il passaggio dalle variazioni individuali alle trasformazioni delle specie per via di filiazione (Lewontin, Levins (1978): V, 995-1051, part. 1015). Infatti, se l'ipotesi meccanicistica rende conto della formazione del mostro, cioè consente una spiegazione soddisfacente di una variazione individuale per cause accidentali, al contrario, qualora si estendano le osservazioni dal piano teratologico a quello paleontologico, l'ipotesi meccanicistica non consente una spiegazione soddisfacente della trasformazione delle specie per via ereditaria. Pertanto quello dell'*ereditarietà delle anomalie* è un problema che Étienne Geoffroy non sembra essere in grado di risolvere sia perché i casi verificati di trasmissione ereditaria di malformazioni sono numericamente limitati sia perché i fattori ereditari sono rappresentati unicamente da anomalie semplici e mai da vere e proprie mostruosità.

Se quindi il trasformismo di Étienne Geoffroy riceve dalla teratologia e dall'embriologia la propria conferma empirica, tuttavia gli è impedito un riscontro nel quadro storicamente più vasto delle trasformazioni della terra. Il punto di vista strettamente anatomico ed embriologico-teratologico rappresenta quindi il limite della ricerca trasformisti-

ca di Étienne Geoffroy, poiché un approdo a una tesi *evoluzionistica* può avvenire solo attraverso lo studio delle modificazioni degli esseri viventi, inserito nel più ampio quadro delle trasformazioni del globo terrestre.

Lo scopo della ricerca di Étienne Geoffroy è quello di elevarsi rispetto a un piano semplicemente descrittivo-classificatorio per approdare a una scienza filosofica delle strutture e dei rapporti tra le forme. Eppure, quella di Geoffroy, è solo una soluzione tra quelle prospettate a inizio Ottocento, e sebbene suggestiva, non vincente. Le forme organiche possono infatti venire inserite all'interno di un programma di ricerca, la cui logica viene rintracciata nella coordinazione e nella correlazione delle parti da un punto di vista prettamente funzionalistico, come vuole il grande avversario di Étienne, Georges Cuvier. Nel tentativo di rintracciare costanti universali, si radicalizza in Francia la distinzione tra una morfologia propriamente funzionalista e una morfologia strutturalista. Non solo, la morfologia si sviluppa nel XIX secolo verso due direzioni differenti: da una parte lo studio delle strutture dell'organismo in base a principi funzionali o strutturali e, dall'altra, lo sviluppo degli studi ontogenetici che arricchiscono e completano gli studi fisiologici sul problema della generazione del secolo precedente.

All'inizio dell'Ottocento si assiste quindi allo sviluppo di due indagini morfologiche assai diverse e soprattutto inconciliabili che vengono messe a confronto nella disputa del 1830<sup>8</sup> (cfr. Geoffroy Saint-Hilaire [1830]) tra Cuvier ed Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Una vera rivoluzione coinvolge le discipline della vita, stimolando la nascita di nuove scienze, come la teratologia, e consentendo lo sviluppo della ricerca empirica e metodologica di altre, quali l'anatomia e l'embriologia. I naturalisti francesi si concentrano sugli elementi ordinativi vigenti all'interno di ciascun organismo, pratica che consente lo sviluppo autonomo dell'anatomia comparata (fino ad allora subordinata alla zoologia) e fa in modo che l'interesse quasi esclusivo rivolto all'analisi anatomico-strutturale dell'essere vivente determini una perdita di importanza dei particolari morfologici. Il rapporto tra le parti può essere individuato successivamente o da una *struttura* (Geoffroy Saint-Hilaire) o da un *coordinamento delle funzioni* (Cuvier). Ciò che importa è scorgere, al di là delle diversità superficiali delle forme, alcune corrispondenze a livello delle connessioni delle parti oppure delle analogie funzionali. Le somiglianze vanno ricercate sulla base di localizzazioni strutturali o funzionali e l'immensa varietà dei composti organici può essere ridotta a un'analisi limitata di tipi e di funzioni.

Cuvier concepisce l'organizzazione attraverso i criteri della fisiologia, che determina il

<sup>8</sup> Anche in Geoffroy Saint-Hilaire, Cuvier, *La querelle des analogues*, Éditions d'Aujourd'hui (Les Introuvables), Plan de-la-Tour 1983. Inoltre si veda Appel (1987).

ruolo e l'attività degli organi in rapporto alla vita degli stessi animali. La struttura dell'organismo è comprensibile solo a partire dall'indagine sul funzionamento dell'organismo stesso. La funzione è infatti prioritaria rispetto all'organo, tanto che Cuvier «dissolve, se non l'individualità almeno l'indipendenza dell'organo» (Foucault (1966) (Foucault [1980]: 286)). Non solo l'esistenza di un organismo dipende dalla cooperazione e dalla correlazione delle parti, ma a una variazione in certi organi deve necessariamente corrispondere una modificazione negli organi correlati. Per Cuvier, la concezione del rapporto della parte (l'organo) con il tutto (l'insieme dell'organismo vivente) dipende intrinsecamente sia dalle necessità fisiologiche della specie sia da un sistema gerarchico interno all'organismo stesso, per cui alcuni organi hanno maggiore importanza e determinano la natura degli altri (si tratta appunto del principio della *subordinazione dei caratteri* in base al quale alcuni organi presentano un numero maggiore di coesistenze o incompatibilità reciproche, influenzando in tal modo tutto l'organismo e le sue condizioni di esistenza). Il principio della subordinazione dei caratteri consente anche una suddivisione tassonomica in base alla gerarchia delle funzioni (cfr. Cuvier (1828): I, 11 s.).

Questo modo di razionalizzare l'organismo – ridotto a "sistema" – conduce alla elaborazione di una vera e propria *logica del vivente* per mezzo della quale si possono derivare gli apparati fisiologici gli uni dagli altri. L'animale non è considerato come una giustapposizione di parti che si correlano in modo meccanico, ma è visto come un insieme armonico in cui ogni organo-funzione definisce e determina quelli a cui è connesso e viceversa. Se la tassonomia classica veniva interamente costruita a partire dalla forma, disposizione, grandezza e numero delle parti, con Cuvier si assiste a un rovesciamento in quanto è la vita – in ciò che essa ha di non percepibile, ma di puramente funzionale – a costituire il fondamento di ogni classificazione. La *morfologia funzionale* di Cuvier integra il finalismo a livello funzionale e la teleologia cuvieriana si rivela determinante ed euristica (cfr. Balan (1979): 75).

Le teorie di Cuvier sono paradigmatiche della biologia fissista e creazionista (ogni nuova specie è creata direttamente da Dio): l'organismo è un sistema unico e chiuso e le specie viventi non possono aver subito modificazioni apprezzabili tanto per fattori esterni quanto interni sia perché non ne avrebbero avuto il tempo sia perché sono impermeabili alle variazioni ambientali. La distanza tra mineralogia e scienza della vita è qui incolmabile perché negli esseri viventi la forma dipende sempre non tanto da una struttura quanto dalla reciprocità delle parti e dal principio della subordinazione dei caratteri. Da qui l'inconciliabilità tra le teorie cuvieriane e geoffroyane.

Ora, in conclusione, vorrei però sottolineare che «sarebbe un errore credere che la

grande *querelle* che è sorta [...] fra Cuvier e Geoffroy Saint-Hilaire poggiasse su un'innovazione scientifica». Sono le parole di Honoré de Balzac, grande estimatore delle teorie di Geoffroy. Con una sintesi potentissima, che azzera le differenze, ma vede una giusta continuità, mai esplicitamente dichiarata, tra Leibniz, Bonnet, Buffon e Geoffroy, dà, ne *L'avant-propos de la Comédie humaine*, un quadro suggestivo dei cambiamenti e delle relazioni tra le metafore morfologiche, *formali* e *funzionali*, che hanno influenzato lo studio delle scienze della vita tra la seconda metà del Settecento e gli inizi dell'Ottocento. Un quadro dove il ricorso alle metafore, pur generando contraddizioni e a volte troppo rigidi modelli teorici, consente di elaborare ipotesi entro le quali fornire una via per orientarsi nel mondo della natura. Il *formare per metafore* è veramente la linea interpretativa dei filosofi della natura all'interno di quel brancolamento dell'uomo nell'universo, secondo la suggestiva immagine di un altro grande poeta di quei tempi: Victor Hugo.

L'*unità di composizione* teneva già occupate, in termini differenti, le più grandi menti dei due precedenti secoli. Rileggendo le opere così straordinarie degli scrittori mistici che si sono occupati delle scienze nei loro rapporti con l'infinito, quali Swedenborg, Saint-Martin, ecc., e gli scritti dei più grandi geni in storia naturale, quali Leibniz, Buffon, Charles Bonnet, ecc., si scoprono nelle monadi di Leibniz, nelle molecole organiche di Buffon, nella forza vegetatrice di Needham, nell'*inscatolamento* delle parti simili di Charles Bonnet, abbastanza audace da scrivere, nel 1760: *L'animale vegeta come la pianta*; si scoprono, dicevo, i rudimenti della bella *legge di "soi pour soi"* sulla quale poggia l'unità di composizione. Non v'è che un animale. Il creatore non s'è servito che di un solo e unico modello per tutti gli esseri organizzati. L'animale è un principio che assume la sua forma esteriore, o, per parlare più esattamente, i tratti differenzianti della sua forma, negli ambienti in cui è chiamato a svilupparsi. Le Specie Zoologiche derivano da queste differenze. L'aver reso noto e sostenuto questo sistema, del resto in armonia con le idee che ci facciamo della potenza divina, sarà l'eterno onore di Geoffroy Saint-Hilaire, il vincitore, in questa questione d'alta scienza, di Cuvier, e il cui trionfo è stato salutato dall'ultimo articolo che il grande Goethe scrisse<sup>9</sup> (Balzac (1842): 237 s.).

#### Bibliografia

Appel, T.A., 1987: *The Cuvier-Geoffroy Debate. French Biology in the Decades before Darwin*, Oxford University Press, New York and Oxford.

Balan, B., 1979: *L'ordre et le temps. L'anatomie comparée et l'histoire des vivants au XIX<sup>e</sup> siècle*, Vrin, Paris.

<sup>9</sup> Ricordo che Goethe sarà puntuale relatore della *querelle*, dedicando ai temi emersi in tale dibattito alcune pagine. In particolare recensisce di É. Geoffroy i *Principes de philosophie zoologique discutés en mars 1830*. Lo scritto appare negli "Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik", nn. 52-53, settembre 1830 e nn. 51-52, marzo 1832 (cfr. Goethe (1830-32) Goethe [1986] e [1999]).



- Balzac, H. de, 1842: *L'avant-propos de la Comédie humaine*, in *Œuvres complètes de H. de Balzac*, A. Houssiaux, 1855, vol. I, pp. 17-32; tr. it. di C. Rozzoni, in M. Mazzocut-Mis, *Mostro. L'anomalia e il deforme nella natura e nell'arte*, Guerini, Milano 2013, pp. 237-238.
- Bonnet, Ch., 1767: *Contemplation de la nature*, Yverdon; tr. it. di L. Spallanzani, *Contemplazione della natura*, Montanari, Modena 1769.
- Bonnet, Ch., 1769: *La palingénésie philosophique, ou idées sur l'état passé et sur l'état futur des êtres organisés*, 2 voll., Claude Philibert et Barthélemie Chirol, Genève.
- Buffon, G.-L. Leclerc de, 1765: *De la Nature. Seconde Vue*, in *Œuvres philosophiques*, a cura di J. Piveteau, PUF, Paris 1954.
- Buffon, G.-L. Leclerc de, 1766: *De la dégénération des animaux*, in *Œuvres philosophiques*, a cura di J. Piveteau, PUF, Paris 1954.
- Cunningham, A., Jardine, N. (a cura di), 1990: *Romanticism and the Sciences*, CUP, Cambridge.
- Cuvier, G., 1828: *Introduction*, in Id., *Le règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée*, 10 voll., Fortin, Paris.
- Diderot, D., 1754: *Pensées sur l'interprétation de la nature*, Barbier, Paris; ed. it. a cura di P. Omodeo, *Interpretazione della natura*, Editori Riuniti, Roma 1995.
- Diderot, D., 1769: *Le Rêve de d'Alembert*, in *Oeuvres complètes de Diderot*, Éd. Assézat Tourneux, Garnier Frères, Paris, 1875, tome 2, pp. 122-181; ed. it. a cura di E. Franzini, *Il sogno di D'Alembert*, in *Lettera sui sordomuti*, Guanda, Milano 1984.
- Diderot, D., 1774-80: *Eléments de physiologie*, a cura di P. Quintili, Champion, Paris 2004.
- Foucault, M., 1966: *Les mots et les choses: une archéologie des sciences humaines*, Galimard, Paris; tr. it. di E. Panaitescu, *Le parole e le cose*, Rizzoli, Milano 1980.
- Gayon, J., 1992: *L'espèce sans la forme*, in J. Gayon, J.J. Wunenburger, *Les figures de la forme*, Éditions l'Harmattan, Paris.
- Geoffroy Saint-Hilaire, É., 1822: *Philosophie anatomique des monstruosités humaines*, De Rignoux, Paris.
- Geoffroy Saint-Hilaire, É., 1830: *Principes de philosophie zoologique, discutés en mars 1830 au sein de l'Académie Royale des Sciences*, Pichon-Didier, Paris; ora in Geoffroy Saint-Hilaire-Cuvier, *La querelle des analogues*, Éditions d'Aujourd'hui (Les Introuvables), Plan de-la-Tour 1983.
- Geoffroy Saint-Hilaire, É., 1831: *Recherches sur de grands Sauriens*, "Mémoires de l'Académie Royale de Sciences de l'Institut de France", 28 marzo (Quatrième mémoire), Paris.

- Geoffroy Saint-Hilaire, I., 1832-37: *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux des monstruosités des variétés et vices de conformation, ou traité de tératologie*, 3 voll. e Atlante, J.B. Baillière, Paris.
- Geoffroy Saint-Hilaire, I., 1847: *Vie, travaux et doctrine scientifique d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire*, P. Bertrand, Paris.
- Goethe, J.W., 1830-32: *Principes de philosophie zoologique discutés en mars 1830*, "Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik", nn. 52-53 (settembre 1830) e nn. 51-52 (marzo 1832); ed. it. in Id., *Metamorfosi degli animali*, a cura di B. Maffi, SE, Milano 1986 e in Id., *Gli scritti scientifici*, vol. II: *Morfologia II: zoologia*, tr. it. di C. Mainoldi e A. Pinotti, a cura di E. Ferrario, Il Capitello del Sole, Bologna 1999, pp. 253-285.
- Lamarck, J.-B. de Monet de, 1809: *Philosophie zoologique*, 2 voll., Dentu, Paris.
- Lewontin, R.C., Levins, R., 1978: *Evoluzione*, in *Enciclopedia*, Einaudi, Torino, vol. V, pp. 995-1051.
- Maupertuis, P.-L. Moreau de, 1768: *Vénus Phisique*, in *Oeuvres*, J.M. Bruyset, Lyon.
- Quintili, P., 2004: *Introduction*, in D. Diderot, *Éléments de physiologie*, Honoré Champion, Paris.
- Robinet, J.-B., 1768: *De la nature*, vol. V (*Considérations philosophiques de la gradation naturelle des formes de l'être*), C. Saillant, Paris.